

# 얼굴 주시방향 인식을 이용한 장애자용 의사 전달 시스템

정 상현, 문 인혁

연세대학교 보건과학대학 의공학과, 의공학 연구소,  
첨단의료기기 기술혁신 센터, 의용계측 및 재활공학 연구센터

## Human-Computer Interaction System for the disabled using Recognition of Face Direction

Sang Hyun Joung and In Hyuk Moon  
Dept. of Biomedical Engineering, Yonsei University  
E-mail : nfames@robot.yonsei.ac.kr

### Abstract

This paper proposes a novel human-computer interaction system for the disabled using recognition of face direction. Face direction is recognized by comparing positions of center of gravity between face region and facial features such as eyes and eyebrows. The face region is first selected by using color information, and then the facial features are extracted by applying a separation filter to the face region. The process speed for recognition of face direction is 6.57frame/sec with a success rate of 92.9% without any special hardware for image processing. We implement human-computer interaction system using screen menu, and show a validity of the proposed method from experimental results.

### I. 서론

카메라를 이용한 얼굴의 주시방향 인식과 이를 통한 컴퓨터에 의사전달하는 방법은 부구속·무접촉으로 인간과 컴퓨터와의 명령 전달 방법을 제공한다. 복잡한 명령어의 학습 없이 간단히 사용할 수 있는 인터페이스를 제공함으로써 키보드, 마우스를 통해 이루어져 왔던 기존의 시스템보다 쉽고, 편리하게 컴퓨터를 이용할 수 있는 수단을 제공하게 된다.

본 논문은 단일 컬러 CCD카메라를 이용해서 얼굴의 좌·우 주시방향 및 상·하 끄덕임과, 좌·우 흔들 동작을 인식하여 사용자의 의사를 파악하는 새로운 의사 전달 시스템을 제안한다. 일상생활을 나타내는 그림을 모니터상의 좌·우면에 보여주며, 얼굴을 이용한 의사 표현

을 인식하는 의사전달 시스템을 구성한다. 실험으로부터 제안된 시스템의 유용성을 보인다.

### II. 얼굴 주시 방향 및 동작 인식

얼굴 주시방향과 끄덕임 및 흔들 동작의 인식은 그림 1과 같은 순서에 의한다.

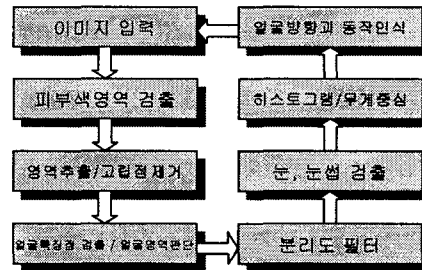


그림 1. 얼굴 주시방향 및 동작 인식 순서도

#### 2.1 색정보를 이용한 피부영역의 검출

얼굴 영역은 피부색 정보를 이용하여 검출한다. 카메라로부터 얻어진 R.G.B 칼라 영상을 빛의 휘도 성분의 영향을 줄이기 위해서 식 (1)과 같이 r,g값으로 정규화 한다[1].

$$r = \frac{R}{R+G+B}, g = \frac{G}{R+G+B} \quad (1)$$

본 연구에서는 피부색 영역에 대한 평균, 표준편차를 계산하여 식 (2)와 같이 임계값을 정하였으며, 각 픽셀의 정규화된 r,g값이 식 (2)의 세 가지 조건을 모두 만족하는 픽셀들을 피부색 영역으로 간주한다.

- 1)  $0.313 < r < 0.664$
- 2)  $0.246 < g < 0.398$
- 3)  $r > g$

피부색 영역으로 분리된 영상에서 수축, 확장의 과정을 거쳐 고립점과 같은 잡음을 제거한 후 라벨링 기법을 이용하여 각 영역의 크기 정보를 얻고, 임계값 이하인 영역은 피부영역에서 제외한다. 그림 2(a)는 입력된 영상이고, (b)는 색정보에 의해 검출된 피부색 영역을, (c)는 일정영역 이상을 갖는 피부영역의 검출결과를 나타낸다.



(a) (b) (c)  
그림 2. 색정보를 이용한 피부영역 검출 결과

2.2. 얼굴 특징점 검출 및 얼굴 영역 판단

얼굴에는 양눈썹, 양눈, 콧구멍, 입 등의 5개 이상 특징점이 있다. 이것들은 주로 검은 색의 성분을 많이 포함하고 있기 때문에, 휘도치의 비교에 의해 얼굴의 특징점을 검출할 수 있다. 2.1에서 검출된 각 피부영역의 각 픽셀에 R,G,B칼라 데이터를 식 (3)을 이용하여 휘도치(Y)를 계산[1]한다.

$$Y = 0.299 \times R + 0.587 \times G + 0.114 \times B \quad (3)$$

계산된 Y의 값이 75이하의 값을 가진 픽셀들을 라벨링 과정으로 군집화하여 그것을 얼굴의 특징점으로 간주한다. 각 피부영역내의 특징점의 개수가 5개 이상일 때 이를 얼굴 영역으로 판단한다.

2.3. 분리도 필터를 사용한 눈과 눈썹의 검출

2.2의 과정으로 구해진 얼굴 특징점들로부터 눈과 눈썹을 검출하기 위해서 특정픽셀의 주위 영역간의 휘도차이를 계산하는 그림 3과 같은 분리도 필터를 사용한다.

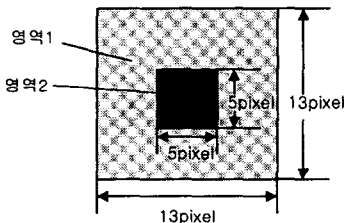


그림 3. 분리도 필터의 템플릿

분리도n은 식 (4)에 의해 구해지고, 그 결과는 그림 3 템플릿의 중앙에 기록한다.

$$n = \frac{\sigma_6^2}{\sigma_7^2} \quad (4)$$

여기서  $\sigma_7^2$ 은 영역 1,2 전체에서의 분산치,  $\sigma_6^2$ 은 영역

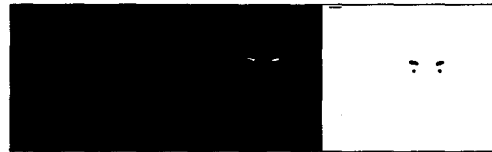
1과 영역 2의 클래스간 분산치를 나타내며 각각 식(5), (6)에 의해 계산된다.

$$\sigma_6^2 = n_1(\overline{P_1} - \overline{P_m})^2 + n_2(\overline{P_2} - \overline{P_m})^2 \quad (5)$$

$$\sigma_7^2 = \sum_{i=1}^N (P_i - \overline{P_m})^2 \quad (6)$$

N은 영역 1,2내의 전 픽셀수,  $n_1, n_2$ 는 각각 영역 1,2의 픽셀수,  $P_i$ 는 각 픽셀의 휘도치,  $\overline{P_1}, \overline{P_2}, \overline{P_m}$ 은 각각 영역1, 영역2, 전체영역의 평균 휘도치를 나타낸다. 계산된 분리도n은  $0 < n < 1.0$ 범위의 값을 갖게 된다. 검은색, 흰색과 같이 두 영역의 휘도치가 완전히 분리되었을 때의 분리도는 1이 된다. 식 (4)에서 분모가 0이 되면 계산이 되지 않기 때문에 식 (6)에서 구한 전체의 분산치가 임계치 이하의 값이 될 때에는 분리도를 0으로 한다.

그림 4(a)는 과정 2.2를 통해서 검출된 얼굴의 특징점을 나타낸 영상이고, 그림 4(b)는 각 특징점에 대한 분리도를 계산하여 0~1.0의 값을 0~255의 값으로 변환하여 분리도값을 나타낸 영상이며, 그림 4(c)는 분리도값이 임계값이상인 점들을 선택하여 확장 필터를 이용하여 얻은 눈과 눈썹을 나타낸 영상이다.



(a) (b) (c)  
그림 4. 분리도 필터를 이용한 눈, 눈썹 검출

2.4 얼굴 좌·우 주시방향의 인식

얼굴의 좌·우 주시 방향은 눈과 눈썹 특징의 무게중심과 얼굴영역의 무게중심의 위치 관계로서 판단한다. 무게중심은 눈, 눈썹 특징을 나타내는 픽셀수를 가로축에 누적시킨 히스토그램으로부터 식 (7)과 같이 1차원 모멘트를 이용하여 구한다.

$$Center\ of\ gravity = \sum_{i=0}^{width} x_i \times \frac{n_i}{M} \quad (7)$$

여기서  $x_i$ 는 수평축상의 위치를 나타내며,  $n_i$ 은  $x_i$ 열에 대한 눈과 눈썹 특징의 픽셀수, M은 검출된 눈, 눈썹 특징을 이루는 픽셀수들의 총합이다.

그림 5의 좌상단에는 2.2, 2.3에서 검출된 얼굴영역(흰색 사각형)내의 눈, 눈썹(검은색 군집)을 나타내며, 우측에는 눈, 눈썹 특징의 수평 방향 히스토그램과 식 (7)에 의해 계산된 무게 중심(검은 수직선)의 위치를 표시하였다. 좌상단의 수직으로 된 실선은 얼굴영역의 무게 중심의 위치를 나타내고 있다.

## 얼굴 주시방향 인식을 이용한 장애자용 의사 전달 시스템

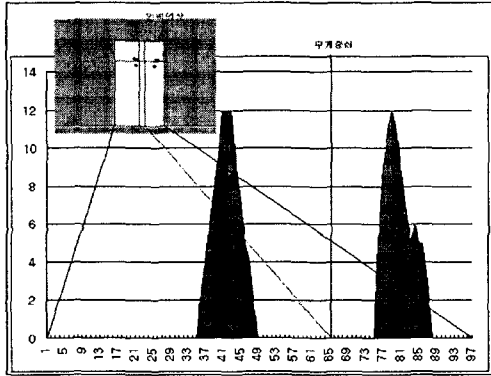


그림 5. 얼굴 영역과 검출된 눈, 눈썹 특징점의 무게중심 검출 결과

얼굴의 주시 방향의 인식은 얼굴영역의 무게중심에서 눈과 눈썹 특징의 무게중심을 뺀 변위차가 (-)일 경우 좌측을 주시하며, (+)일 경우 우측을 주시하는 것으로 한다.

### 2.5. 얼굴 동작의 판단

#### 2.5.1 끄덕임 동작의 판단

눈과 눈썹 특징의 수직축상의 무게중심은 2.4와 같은 방법으로 눈과 눈썹 특징을 이루는 픽셀들을 수평 방향으로 투영시킨 수직 히스토그램으로부터 구할 수 있다. (그림 5의 좌상단 참조)

끄덕임 동작에 따라 영상의 수직축에 무게중심 위치는 변하게 된다. 특정시간동안 무게중심의 최대, 최소의 차를 나타내는 변화량이 임계값 이상일 때를 얼굴의 끄덕임 동작으로 판단한다. 임계값은 카메라와 사용자간의 거리에 반비례한다.

#### 2.5.2 좌우 흔들 동작의 판단

얼굴의 주시 방향의 변화와 그때의 변화량으로 얼굴의 흔들 동작으로 판단 할 수 있다.

본 연구에서는 2.4에서 구한 결과를 연속적으로 기록하여 (-)(+) 혹은 (+)(-) 변화 패턴이 두 번 이상 나타나고, 변화량의 최대값이 15픽셀 이상일 때 좌우로 흔들 동작으로 판단한다.



그림 6. 얼굴 주시방향 및 동작인식의 처리결과

그림 6은 얼굴 주시방향 및 동작인식의 처리결과이다. 여기서 검은색 사각 영역은 얼굴 영역으로 인식된

부분을 나타내며中间的 검은색 수직선은 얼굴영역의 무게중심의 위치를 나타내고 있다. 흰색 선으로 그려진 수직선과 수평선은 각각 수평·수직축상의 눈과 눈썹 특징의 무게중심을 나타낸다.

## III. 의사전달용 명령어 구조와 처리 방법

### 3.1. 명령어 구조

의사전달 시스템을 만들기 위해 2.4, 2.5를 통해 얻은 결과들로부터 표 1과 같이 3가지의 의사전달용 명령어를 만들었다. 왼쪽을 주시하면서 끄덕임은 좌측을 선택, 오른쪽을 주시하면서 끄덕임은 우측을 선택, 흔들 동작이 인식되는 경우 끄덕임 동작과 관계없이 선택 취소로 본다. 명령어의 입력이 없는 상태가 일정시간 지속될 경우는 시스템의 초기화로 간주한다.

표 2. 명령어 구조

의 사	주시방향	흔들	끄덕임
좌측선택	왼쪽	×	있음
우측선택	오른쪽	×	있음
선택취소	×	있음	×
초 기 화	30프레임 이상 명령 입력 없음		

이때 명령어는 일정시간(10프레임)동안의 인식 결과를 하나의 명령어로 판단하는데 이용하였다. 명령어 판단의 신뢰성을 높이기 위해 선택 취소의 의사에 대해 우선 순위를 높게 하였다.

### 3.2. 명령어 처리

3.1에서 정한 명령어의 판단은 그림 7의 순서에 의한다.

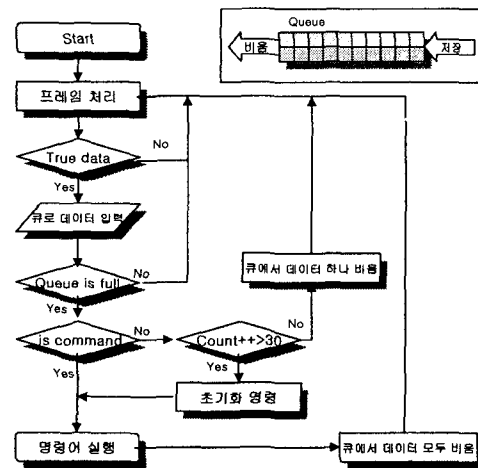


그림 7. 명령어 처리 순서도

그림 7의 우 상단에서 보는 것과 같이 10 프레임의 입력 영상으로부터 구해진 얼굴 주시방향과 끄덕임 동

작인식 결과를 저장할 수 있는 큐를 설계하였다. 각 프레임에서 II의 과정 중 인식이 실패할 경우 그 결과는 큐에 넣지 않는다. 모든 큐에 인식결과가 저장되면 이것이 3.1의 명령에 해당하는지를 판단한다. 명령어일 경우 큐를 모두 비우고, 아닌 경우는 제일 먼저 들어온 데이터를 비우고 다음 프레임의 인식 결과를 큐에 저장한다. 30프레임 이상 명령어가 입력되지 않은 경우 초기화 처리한다.

#### IV. 의사전달 시스템 구현 및 결과

본 연구에서는 II,III을 이용하여 그림 8과 같은 형식의 의사전달 시스템을 구현 하였다. 그림 8에서 ①, ②부분이 사용자에게 그림 메뉴를 표시하는 부분이다. ③은 CCD카메라로부터 입력된 영상을 좌·우 메뉴 선택할 때 혼돈을 피하기 위해서 거울에 반사되는 것과 같이 나타내었다. ④의 영역은 명령어의 처리를 나타내는데 <, >은 각각 좌·우 메뉴를 주시하고 있는 상태를 &box=;은 고개를 끄덕임으로 메뉴를 선택한 것을 &box=;은 고개를 흔들어 선택 취소임을 나타내게 된다.



그림 8. 의사 전달 시스템

실험은 카메라로부터 사용자까지는 70~90(cm)를 유지하며 320\*240의 칼라영상을 입력받아서 별도의 영상 처리보드가 없는 펜티엄 III 800MHz의 컴퓨터로 수행하였다.



그림 9. 각 명령어에 대한 판단 결과

그림 9는 각 명령어를 입력하였을 때 판단된 결과를 나타내었다. 그림 9의 하단의 진한 그래프가 얼굴의 좌·우 방향을 나타내는 변위값이 기록되어 있으며, 상단의 옅은 그래프는 고개의 끄덕임을 알 수 있는 눈, 눈썹의 수직무계중심 위치를 표시하였고, 그 중간에는 인식 결과에 따른 명령수행 결과를 표시하였다.

큐에 기록되는 한 동작 인식 결과를 얻는데 걸리는 시간은 0.152초(초당 6.57프레임처리)였으며, 처리된 프레임에 대한 결과가 오류로 인식되는 경우는 7.1%이었다. 실험 결과로부터 본 논문에서 제안된 방법이 명령어의 처리에 있어 유용함을 알 수 있다.

#### V. 결론

본 논문에서는 컴퓨터에 사용자의 의사 전달을 위한 방법으로 얼굴 주시 방향과 행동(끄덕임, 좌·우 흔들)을 인식하여 사용자의 의사를 파악하는 새로운 의사 전달 시스템을 제안하였다. 실험 결과 별도의 영상처리용 하드웨어 없이 초당 6.57프레임 정도의 처리속도로 수행할 수 있었고, 92.9%의 인식율을 보였으며 성공적으로 의사전달 시스템을 구현하였다.

현재 본 연구에서 사용된 얼굴 영역 검출, 얼굴 특징점 검출, 고립점 제거를 위해 사용된 임계값과 분리도를 계산하기 위한 템플릿의 크기들 등을 임의로 정하였는데 향후 온라인에서 입력된 데이터를 바탕으로 임계값들을 설정하도록 개선한다면 보다 효율적인 결과를 얻을 수 있을 것이다. 향후 이동로봇과의 인터페이스를 갖춘다면 장애인들이나, 간호할 사람이 없는 노인들이 간단하게 이동로봇과 의사 전달할 수 있는 시스템으로 확장 가능할 것이다.

#### 후 기

본 연구는 과학기술부·한국과학재단 지정 연세대학교 의용계측 및 재활공학 연구센터의 지원에 의한 것입니다.

#### Reference

- [1] I. Pitas, Digital Image Processing Algorithms, Prentice hall, 1995.
- [2] G. Xu and T. Sugimoto, "A Software-Based System for Realtime Face Detection and Tracking Using Pan-Tilt-Zoom Controllable Camera", Computer Vision Laboratory, Ritsumeikan University, 1999.
- [3] L.M. Bergasa and M. Mazo, "Unsupervised and adaptive Gaussian skin-color model", Image and Vision Computing, vol 18, pp.987-1003, 2000